

УДК630.18.

Н.М. Шебалова, Т.Ф. Коковкина

(Уральский государственный лесотехнический университет)

**ВЛИЯНИЕ ФТОР- И СЕРОСОДЕРЖАЩИХ АЭРОПОЛЛЮТАНТОВ
НА КАЧЕСТВО ПЫЛЬЦЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ**

Установлено, что под влиянием эмиссий у деревьев изменяется качество пыльцы. Наиболее полноценна и конкурентоспособна пыльца древо-стоя, произрастающего в фоновых насаждениях. Сравнение насаждений из зон загрязнения выявило более высокую жизнеспособность пыльцы древо-стоя, произрастающего в зоне сильного загрязнения фторсодержащими поллютантами.

Развитие лесных экосистем лимитируется многими отрицательными факторами как естественного, так и антропогенного происхождения. Состояние сосновых насаждений, подверженных воздействию аэрополлютантов, оценивают, главным образом, по признакам нарушения вегетативных органов, генеративные же признаки в нарушенных лесных экосистемах изучены слабо (Лесные экосистемы..., 1990; Любашевский и др., 1996; Петункина и др., 1997). В то же время генеративная сфера растений чрезвычайно уязвима, и в ее развитии возникает ряд аномалий, приводящих, как правило, к стерильности как женского, так и мужского гаметофита. Наиболее сильное влияние стресса испытывают мужские генеративные структуры сосны, что проявляется в аномальном развитии и низком качестве пыльцы (Негруцкая, 1983; Шевченко, 1983; Wolter, Wariens, 1987).

В настоящее время очень актуальна проблема лесовосстановления в зонах техногенного загрязнения. Поскольку сосна обыкновенная является наиболее распространенной породой Среднего Урала и размножается только половым путем, то необходимо проведение исследований качественной характеристики ее пыльцы. Исследования проводили в сосновых насаждениях зон сильного загрязнения фторсодержащими соединениями Полевского криолитового завода (ПКЗ), сернистыми соединениями и тяжелыми металлами Первоуральско-Ревдинского промышленного узла (ПРПУ). В качестве контроля были взяты сосновые насаждения Сысерти. Сбор микростробилов сосны обыкновенной проводили с индивидуальных деревьев с южной стороны на постоянных пробах 40-летних культур сосны. Пыльца была собрана в период растрескивания микроспорангиев. Прорастание пыльцевых зерен осуществляли в чашках Петри в термостате при температуре 25°C. Выращивание проводили в течение 4 сут. Через определенные промежутки времени производили подсчет набухших и проросших пыльцевых зерен и измеряли длину пыльцевой трубки. Гистологи-

мические исследования пыльцы сосны обыкновенной проводили по стандартным методикам. Содержание запасных веществ (крахмала) и свободных аминокислот в пыльцевых зернах сосны оценивали в процентах по интенсивности окрашивания (сильно окрашенные, слабо окрашенные и неокрашенные) на микроскопе "PZO" (Польша) при увеличении 200х или 400х в девяти полях зрения.

Показателем полноценности и конкурентоспособности пыльцы, ее способности использовать внутренние резервные питательные и энергетические вещества, необходимые при прорастании пыльцевой трубки является жизнеспособность пыльцевой трубки и ее длина.

В таблице представлена часть полученных нами результатов. Выраживание осуществлялось на среде «голодный агар» (2%-ный раствор агара в дистиллированной воде). При этом пыльцевые зерна прорастают только за счет своих запасных веществ, поскольку пыльца сосны богата минеральными элементами; найдены также аминокислоты, белки, в том числе ферменты (более 20), индольные соединения, пигменты, БАВ, органические кислоты, стиролы, ДНК, РНК.

Проведенные исследования показали, что наиболее показательными признаками для выявления различий в состоянии мужской генеративной сферы в экстремальных условиях являются снижение ее жизнеспособности и длина пыльцевой трубки. Жизнеспособность пыльцы сосны обыкновенной, произрастающей в разных зонах, зависит как от индивидуальной изменчивости древостоя, так и от места его произрастания.

Следует отметить, что энергия пыльцевых зерен сосны обыкновенной, произрастающей в районе сильного загрязнения фторидами, значительно отличается от таковой в зоне ПРПУ. Пыльца сосны в зоне действия ПКЗ прорастает значительно быстрее. Уже в течение первых суток количество проросших пыльцевых зерен достигает 27–56 % от общего количества. Увеличение количества проросших пыльцевых зерен продолжается и на вторые сутки, затем процесс замедляется и на третьи сутки набухшие пыльцевые зерна переходят в следующую фазу.

В исследуемых популяциях ПРПУ прорастание пыльцы идет медленнее, с опозданием на 0,5–1 сут. В итоге количество проросших в течение первых суток пыльцевых зерен значительно ниже. Так, в зоне действия ПРПУ пыльцевые зерна у многих деревьев в течение 24 ч только набухли, у части древостоя проросли на 6,7 - 15,6 %. И лишь у 0,6 % деревьев количество проросших пыльцевых зерен в первые сутки достигает 24,1–27,6 %.

Наблюдаются различия и в длине пыльцевой трубки. В зоне сильного загрязнения ПКЗ длина пыльцевой трубки проросших в первые сутки пыльцевых зерен достигает 250–300 мкм, тогда как в других исследованных зонах всего лишь 100–150 мкм.

Влияние загрязнения на длину пылевой трубки, наличие крахмала и аминокислот

Характеристика микростро- бил	Длина пылевой трубки через сутки, мкм	% от общего количества	Длина пылевой трубки через 3 сут., мкм	% от общего количества	Крахмал			Аминокислоты		
					Сильно окрашен	Слабо окрашен	Не окрашен	Сильно окрашен	Слабо окрашен	Не окрашен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Условный контроль	50,0 ± 5,5	4,1	150,0 ± 12,9	2,4	11,9	72,9	15,5	11,7	64,5	23,8
	100,0 ± 10,9	4,6	300,0 ± 26,7	4,9						
	150,0 ± 14,7	3,3	400,0 ± 33,3	10,1						
			500,0 ± 50,6	10,7						
			600,0 ± 53,3	7,2						
			650,0 ± 54,0	7,3						
			700,0 ± 61,3	11,5						
			750,0 ± 68,4	8,1						
			800,0 ± 63,2	9,5						
			850,0 ± 63,8	4,3						
			900,0 ± 83,3	4,6						
			1000,0 ± 94,5	3,7						
		12,0		3,9						
				78,3						

Продолжение таблицы										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ПРПУ 30% де- фектных пыльце- вых зерен	Не проросли	-	50,0 ± 3,4 100,0 ± 8,9 150,0 ± 14,1 200,0 ± 17,2 350,0 ± 32,2 400,0 ± 41,5 450,0 ± 42,9	3,7 3,4 6,7 9,3 4,3 4,0 3,8 35,2	9,3	35,9	54,8	15,1	44,5	40,4
	ПРПУ	-	150,0 ± 11,3 200,0 ± 12,7 250,0 ± 13,	6,3 6,6 9,1 22,0	2,2	8,5	89,3	1,5	5,7	92,8
	ПКЗ Очень крупные	12,1	220,0 ± 21,3	11,3	9,7	74,1	16,2	74,6	15,1	10,3
		9,6	250,0 ± 19,7	12,6						
		14,3	300,0 ± 23,3	10,1						
		11,3	350,0 ± 32,6	9,7						
	50,0 ± 4,7	6,1	400,0 ± 31,7	10,2						
	100,0 ± 9,9		450,0 ± 39,9	10,3						
	150,0 ± 12,7		480,0 ± 43,0	9,5						
	200,0 ± 19,8		500,0 ± 43,8	6,1						
	250,0 ± 21,3		600,0 ± 51,0	6,5						
		53,4	750,0 ± 64,5	7,3 93,5						

Окончание таблицы										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>ПКЗ</i> 50% раз- рушен- ных пыльце- вых зерен	50,0 ± 3,7	14,1	150,0 ± 17,3	15,8	3,6	14,7	81,7	13,8	34,6	51,6
	100,0 ± 12,9	10,6	200,0 ± 18,7	11,6						
	150,0 ± 14,7	10,3	300,0 ± 26,7	10,1						
	250,0 ± 25,3	3,1	350,0 ± 23,6	6,7						
		38,1		44,2						
<i>ПКЗ</i> Круп- ные, 70 % разру- шенных пыльце- вых зерен	50,0 ± 3,2	6,4	120,0 ± 10,4	9,2	13,8	34,6	51,6	3,6	14,7	81,7
	80,0 ± 11,2	4,2	150,0 ± 12,9	9,4						
			180,0 ± 11,1	6,1						
			200,0 ± 20,5	5,8						
		10,6		21,7						

По мере увеличения продолжительности периода проращивания пыльцы возрастает не только количество проросших пыльцевых зерен, а также длина пыльцевой трубки и ее разнообразие. Так, в зоне сильного загрязнения ПКЗ количество проросших пыльцевых зерен возрастает до 34,3 - 93,5 %, а длина пыльцевой трубки - до 50-850 мкм. В зоне действия ПРПУ количество проросшей пыльцы колеблется в пределах 5,7-68,4 %. Разброс данных очень большой, но прослеживается определенная закономерность: фториды оказывают стимулирующее воздействие на обменные процессы в живой клетке, которые способствуют прорастанию пыльцевых зерен.

Проведенные гистохимические исследования содержания запасных веществ в пыльце сосны обыкновенной, произрастающей в разных зонах загрязнения, показали значительные различия в накоплении крахмала и аминокислот в пыльцевых зернах

Из данных таблицы следует, что длина пыльцевой трубки находится в определенной зависимости от уровня накопления крахмала и аминокислот. Гистохимические исследования распределения пыльцевых зерен по интенсивности окрашивания реактивом Люголя показали, что наибольшее количество крахмала в них накапливается на условном контроле.

Длина пыльцевой трубки значительно выше, если пыльцевые зерна имеют высокое и среднее содержание как крахмала, так и аминокислот. Например, в зоне действия ПКЗ наибольшая длина пыльцевой трубки достигается при содержании крахмала в пыльцевых зернах от 80,2 до 85,3 %, аминокислот от 85,6 до 90,1 %. В зоне сильного загрязнения ПРПУ эти показатели несколько ниже и составляют соответственно 42-46% и 56,6-59,6 %. Пыльцевые зерна древостоя, произрастающего на условном контроле, при содержании крахмала от 82,7 до 85,8 % и аминокислот 90,2-95,9 % прорастают до 890-1000 мкм. И наоборот, наименьшая длина пыльцевой трубки соответствует минимальному содержанию перечисленных выше веществ.

Установлено, что под влиянием эмиссий у большинства деревьев изменяется качество пыльцы. Наиболее полноценна и конкурентоспособна пыльца древостоя, произрастающего в фоновых насаждениях. Сравнение насаждений из зон загрязнения выявило более высокую жизнеспособность пыльцы древостоя, произрастающего в зоне сильного загрязнения фторсодержащими поллютантами. Исследование длины пыльцевой трубки обнаружило аналогичные тенденции, однако различия менее четкие.

Установлено, что при высокой индивидуальной изменчивости пыльцы по содержанию крахмала и аминокислот средний процент сильно- и слабоокрашенных реактивом Люголя пыльцевых зерен выше в фоновых услови-

ях, чем в зонах сильного загрязнения фторсодержащими и серосодержащими поллютантами

Полученные результаты позволят выделить толерантные к поллютантам особи сосны обыкновенной для использования их в последующей работе по селекции и лесовосстановлению.

ЛИТЕРАТУРА

Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение / Под ред. В.А. Алексеева. Л.: Наука, 1990. 200 с.

Любашевский Н.М., Токарь В.И., Щербаков С.В. Техногенное загрязнение окружающей среды фтором. Екатеринбург, 1996. 235 с.

Негруцкая А.Е. Влияние промышленного загрязнения на пыльцу сосны обыкновенной // Развитие мужской генеративной сферы растений. Симферополь, 1983. С. 5.

Петункина Л.О. и др. Сосна обыкновенная как средство мониторинга состояния среды // Проблемы биологического разнообразия Южной Сибири. 1 Междунар. регион. науч.-практ. конф. 10-22 мая 1997. Кемерово, 1997. С. 234-235.

Шевченко С.В. Пыльца растений как индикатор загрязнения воздуха // Развитие мужской генеративной сферы растений. Симферополь, 1983. С. 94.

Wolter J.H.B., Wariens M.J.M. Effect of air pollutants of Pollen // Bot. Rev. 1987. Vol. 53. № 3. P. 372-414.